

# **Jena Research Papers in Business and Economics**

## **Software zur Entscheidungsanalyse – Eine Marktübersicht**

*Robert Klein, Michael Neugebauer, Armin Scholl*

04/2011

***Jenaer Schriften zur Wirtschaftswissenschaft***

**Working and Discussion Paper Series  
School of Economics and Business Administration  
Friedrich-Schiller-University Jena**

ISSN 1864-3108

**Publisher:**

Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät  
Friedrich-Schiller-Universität Jena  
Carl-Zeiß-Str. 3, D-07743 Jena  
[www.jbe.uni-jena.de](http://www.jbe.uni-jena.de)

**Editor:**

*Prof. Dr. Hans-Walter Lorenz*  
[h.w.lorenz@wiwi.uni-jena.de](mailto:h.w.lorenz@wiwi.uni-jena.de)  
*Prof. Dr. Armin Scholl*  
[armin.scholl@wiwi.uni-jena.de](mailto:armin.scholl@wiwi.uni-jena.de)

[www.jbe.uni-jena.de](http://www.jbe.uni-jena.de)

# Software zur Entscheidungsanalyse – Eine Marktübersicht

von Robert Klein, Michael Neugebauer

Universität Augsburg  
Lehrstuhl für Analytics & Optimization  
Universitätsstr. 16, D-86159 Augsburg  
e-Mail: robert.klein@wiwi.uni-augsburg.de

und Armin Scholl

Friedrich-Schiller-Universität Jena  
Lehrstuhl für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre /  
Management Science  
Carl-Zeiß-Straße 3, D-07743 Jena  
e-Mail: a.scholl@wiwi.uni-jena.de

Die vorliegende Übersicht enthält in knapper Form eine Zusammenstellung von kommerziellen Softwarepaketen, die Entscheidungsträger beim Treffen von Entscheidungen unterstützen sollen. Dabei beschränkt sich die Aufstellung auf Endbenutzersysteme, mit deren Hilfe die Abbildung und Analyse von Entscheidungssituationen unmittelbar durch den Entscheidungsträger vorgenommen wird, und schließt unternehmensweite Softwarelösungen wie z. B. ERP-Systeme oder Business Intelligence-Lösungen aus. Zur Kategorisierung der Softwarepakete erfolgt die Betrachtung von drei grundlegenden Entscheidungssituationen. Für jede Entscheidungssituation werden wesentliche Planungstechniken identifiziert und die Softwareprodukte im Hinblick auf entsprechende Funktionalität untersucht. Des Weiteren geben wir Hinweise zu weiteren frei verfügbaren Übersichten, die auf hier nicht behandelte Produkte eingehen.

**Keywords:** Entscheidungsanalyse, Standardsoftware

# 1. Vorbemerkungen

Die Vorbereitung und das Treffen von Entscheidungen sind in der betrieblichen Praxis ohne Computerunterstützung nicht mehr denkbar. Dabei wird der Computer häufig v. a. als Instrument zur Beschaffung, Bereitstellung und Aufbereitung von Daten genutzt. Zu diesem Zweck entwickelte Softwarelösungen finden sich unter dem Oberbegriff *Data Support Systeme* und schließen z. B. *Management Information Systeme* oder *Business Intelligence Systeme* ein, wobei letztere neben Werkzeugen zur Integration und Aufbereitung von Daten auch Komponenten zur automatischen Datenanalyse im Hinblick auf entscheidungs- und führungsrelevante Informationen beinhalten.<sup>1</sup>

Neben diesen eher datenorientierten Anwendungen existieren so genannte *Entscheidungsunterstützende Systeme (EUS)* bzw. *Decision Support Systeme*, die Entscheidungsträgern über die Versorgung mit relevanten Informationen hinaus bei der eigentlichen Lösung von Entscheidungsproblemen helfen sollen. Sie basieren häufig auf einem interaktiven Problemlösungsprozess, der Entscheidungen nicht voll automatisiert ermittelt, sondern das Einfließen der Erfahrungen und des Urteilsvermögens des Entscheidungsträgers ermöglicht. Dabei ist grundsätzlich zwischen *spezialisierten EUS*, die zur Lösung konkreter Entscheidungsprobleme entwickelt werden, und *generellen EUS*, die sich für ganze Klassen von Entscheidungen einsetzen lassen, zu unterscheiden. Beispiele für spezialisierte EUS sind ein Expertensystem, das einem Arzt die Diagnose von Krankheiten ermöglicht, oder die Software eines Leitstands, welche einen Produktionsplaner bei der Entwicklung von Maschinenbelegungsplänen unterstützt. Zu generellen EUS zählen z. B. Softwarepakete, welche die Anwendung der Nutzwertanalyse zur Durchführung von Mehrzielentscheidungen oder die Erstellung von Entscheidungsbäumen ermöglichen.

In der Praxis werden datenorientierte und spezialisierte EUS zunehmend integriert. Zu nennen sind hier beispielsweise Enterprise Resource Planning oder Supply Chain Management Systeme, die neben Komponenten zur Datenverwaltung auch Planungskomponenten enthalten.<sup>2</sup> Eine weitere Klasse solcher Systeme bilden Softwareprodukte zum Projektmanagement.<sup>3</sup>

Seit einigen Jahren sind viele Unternehmen insbesondere daran interessiert, EUS zu verwenden, mit denen sie ihre immer komplexeren Geschäftsfelder tiefgehend analysieren und optimieren können. Dieser Trend wird vor allem unter dem Begriff „Analytics“ zusammengefasst.<sup>4</sup> Das IT- und Beratungsunternehmen IBM beispielsweise erkannte diesen Trend und schuf die neue Unternehmenssparte Business Analytics and Optimization. In dieser werden

---

<sup>1</sup> Vgl. zur Klassifikation solcher Systeme sowie zu Entscheidungsunterstützenden Systemen z. B. Alpar et al. (2002, Kap. 11), Gluchowski et al. (2008, Kap. 3-4), Mertens und Meier (2009, Kap. 1), Stahlknecht und Hasenkamp (2009, Kap. 7.5) sowie Klein und Scholl (2011, Kap. 1.5.2). Vergleichende Übersichten zu Data Support Systemen sind den Autoren nicht bekannt.

<sup>2</sup> Ein Überblick zu entsprechenden Softwarepaketen findet sich z. B. in Aksoy und Derbez (2003) und in Meyr et al. (2005).

<sup>3</sup> Zu entsprechenden Übersichten vgl. z. B. Kolisch und Hempel (1996), Mellentien und Trautmann (2001), Mellentien et al. (2002) sowie Ahlemann (2008).

<sup>4</sup> Beispielhaft sei hier das Buch „Competing on Analytics“ von Davenport und Harris (2007) genannt. Die amerikanische Gesellschaft für Operations Research gibt zudem ein elektronisches Magazin unter dem Namen Analytics heraus (<http://www.analytics-magazine.com/>).

Lösungen entwickelt, die den Unternehmen den Umgang mit Chancen und Risiken ihres Geschäftsumfeldes erleichtern und die Optimierung ihrer Geschäftsprozesse ermöglichen.<sup>5</sup>

Bei der in den Abschnitten 2 bis 4 gegebenen Übersicht konzentrieren wir uns auf generelle EUS, deren Zweck die Ermittlung, Bewertung und Auswahl einer zur Lösung eines vorliegenden Entscheidungsproblems geeigneten Alternative ist.<sup>6</sup> Zur Klassifikation betrachten wir die folgenden grundlegenden Typen von Entscheidungssituationen (vgl. Klein und Scholl 2011, Kap. 2.2.2):

- *Entscheidungen bei mehreren Zielen:* Bei dieser Entscheidungssituation unterstellen wir, dass Alternativen zur Lösung des Problems explizit vorgegeben sind bzw. ermittelt werden können und dass eine von ihnen zur Realisierung auszuwählen ist. Die Beschreibung der Alternativen erfolgt durch Attribute, deren Ausprägungen (Ergebnisse) für jede Alternative mit Sicherheit bekannt sind. Entsprechende EUS bieten Unterstützung bei der Auswahl von Alternativen, wenn der Entscheidungsträger konfliktäre Ziele, welche die Ergebnisse unterschiedlicher Attribute erfassen, bei der Bewertung berücksichtigen möchte.
- *Entscheidungen bei Unsicherheit:* Diese Entscheidungssituation unterscheidet sich von der zuvor geschilderten dadurch, dass für einzelne Attribute die Ergebnisse der Alternativen aufgrund unsicherer Umweltentwicklungen nicht mit Sicherheit bekannt sind. Bereits bei nur einem Ziel ergibt sich die Schwierigkeit, die möglichen Ergebnisverteilungen zu bestimmen und bei der Auswahl von Alternativen zu berücksichtigen.
- *Entscheidungen durch Optimierung:* Bei einer solchen Entscheidungssituation lässt sich die Menge der Alternativen nicht explizit angeben, sondern lediglich implizit durch Restriktionen beschreiben. Die Abbildung des Entscheidungsproblems kann dann in Form eines mathematischen Optimierungsmodells erfolgen, das mit geeigneter Software zur Bestimmung einer optimalen Alternative gelöst werden muss. Entsprechende EUS enthalten zumeist eine Umgebung zur Modellentwicklung sowie Komponenten zur Ermittlung und zur Aufbereitung (optimaler) Lösungen.

Die genannten Typen von Entscheidungssituationen erlauben bereits die Einordnung vieler genereller EUS-Produkte. Daneben existieren zahlreiche weitere Produkte, deren primärer Fokus nicht die eigentliche Entscheidungsfindung, d.h. die Bestimmung, Bewertung und Auswahl von Alternativen, sondern die Entscheidungsvorbereitung ist. Dabei besitzen die folgenden drei Gruppen besondere Relevanz:

- *Quantitative Prognose:* In den meisten Entscheidungssituationen sind Ziele zukunftsbezogen, d.h. die Ergebnisse von Alternativen oder zu ihrer Ermittlung benötigte (Umwelt-) Daten müssen prognostiziert werden. Zu diesem Zweck wurden insbesondere in der Statistik zahlreiche quantitative Prognosemethoden entwickelt (vgl. z. B. Klein und Scholl 2011, Kap. 6.1.2). Zu den bekanntesten Vertretern zählen die Zeit-

---

<sup>5</sup> Eine Reihe weiterer Beispiele aus der Praxis zur Anwendung quantitativer und statistischer Analyse- und Optimierungsmethoden findet sich in Davenport und Harris (2007).

<sup>6</sup> Eine ähnliche Übersicht findet sich z. B. in Buckshaw (2010).

reihenanalyse oder künstliche neuronale Netze. Neuere Übersichten zu entsprechender Software finden sich z. B. in Sanders und Menrodt (2003) sowie Yurkiewicz (2010).

- *Simulation:* Für Methoden der Simulation existieren zwei wesentliche Anwendungsmöglichkeiten in Abhängigkeit vom primären Zweck der Simulation (vgl. Klein und Scholl 2011, Kap. 6.1.2). Zunächst kann die Simulation primär einer Prognose zukünftiger Umweltentwicklungen dienen, wenn zahlreiche Einflussfaktoren unsicher sind. Entsprechende EUS, die v. a. auf dem Ansatz der Risikoanalyse beruhen, behandeln wir im Zusammenhang mit Entscheidungen bei Unsicherheit in Abschnitt 3. Bei einer so genannten Wirkungsprognose steht dagegen die Untersuchung der Wirkung einer Alternative bei bekannten Rahmendaten, aber komplexen Zusammenhängen im Vordergrund. Hier ist zwischen einer diskreten (ereignisorientierten) und einer kontinuierlichen Simulation, die zumeist auf dem System Dynamics Ansatz beruht, zu unterscheiden. Mit einer diskreten Simulation lassen sich z. B. Lagerhaltungssysteme und Fertigungsprozesse geeignet abbilden. Anwendungsbeispiele der kontinuierlichen Simulation sind z. B. das Testen von Preiswirkungen in nichtlinearen Marktmodellen oder die Bilanzfortschreibung in Abhängigkeit von bestimmten Investitionsmaßnahmen. Eine Übersicht zu ereignisorientierten Simulationspaketen findet sich in Swain (2003). Eine Liste mit Paketen zum System Dynamics Ansatz findet sich z. B. unter [www.csdnet.aem.cornell.edu/link.html](http://www.csdnet.aem.cornell.edu/link.html).
- *Kreativitätstechniken:* Entsprechende EUS helfen dem Entscheidungsträger insbesondere beim Sammeln, Ordnen und Strukturieren von Ideen sowie beim systematischen Erfassen von Wirkungszusammenhängen. Zu den wichtigsten Vertretern zählen Pakete, welche die Anwendung von Mind Mapping bzw. Cognitive Mapping Techniken unterstützen. Zu nennen sind u.a. die Produkte Decision Explorer, MindManager, MindMapper, OpenMind, SciPlore MindMapping, VisiMap und VisualMind.<sup>7</sup>

In den folgenden drei Abschnitten stellen wir entsprechend den zuvor diskutierten grundlegenden Entscheidungssituationen kommerzielle EUS vor. Der Aufbau der einzelnen Abschnitte ist dabei jeweils gleich. Zunächst werden knapp wesentliche Komponenten diskutiert, die grundsätzlich in entsprechenden Softwarepaketen enthalten sein können. Anschließend folgt eine Tabelle, welche die bekanntesten Produkte samt Herstellerangaben sowie zugehörige Internetadressen auflistet. Außerdem wird angegeben, welche Komponenten in der jeweiligen Software realisiert sind. Die bei der Beschreibung der Komponenten verwendeten Begriffe orientieren sich an Klein und Scholl (2011) sowie im Bereich Optimierung an Domschke und Drexl (2011). Dort finden sich jeweils auch ausführliche Darstellungen der erwähnten Planungs- bzw. Optimierungstechniken, so dass wir zur kompakteren Präsentation in den folgenden Abschnitten auf weitere Literaturangaben verzichten.

---

<sup>7</sup> Die URLs der Hersteller lauten: [www.banxia.com](http://www.banxia.com), [www.mindmanager.com](http://www.mindmanager.com), [www.mindmapper.com](http://www.mindmapper.com), [www.matchware.net](http://www.matchware.net), <http://www.sciplore.org>, [www.visimap.com](http://www.visimap.com) und [www.visual-mind.com](http://www.visual-mind.com).

## 2. Entscheidungen bei mehreren Zielen

EUS für Entscheidungen bei mehreren Zielen beinhalten typischerweise eine oder mehrere Komponenten, um den Entscheidungsträger bei der Bewältigung der folgenden Aufgaben bzw. der Anwendung der folgenden Techniken zu unterstützen (vgl. Klein und Scholl 2011, Kap. 3.2, 3.3. und 7):

- *Zielgenerierung (ZG)*: Zur Bewertung der vorliegenden Alternativen ist es in der Regel sinnvoll, ein Zielsystem in Form einer Zielhierarchie zu entwickeln. Softwarepakete, die dies nicht nur in simpler Listen-, sondern auch in graphischer Form erlauben, erhalten in Tab. 1 einen Haken.
- *Nutzwertanalyse (NW)*: Nach Erfassung der Ziele muss der Entscheidungsträger Höhen- und Artenpräferenzen bestimmen. Im Rahmen der Nutzwertanalyse, einer der einfachsten Techniken zu diesem Zweck, ordnet der Entscheidungsträger zunächst jeder Alternative für jedes Ziel einen Nutzenwert auf einer einheitlichen Skala (z. B. zwischen 0 und 100) so zu, dass der ihm aus dem Ergebnis resultierende Nutzen möglichst adäquat abgebildet wird. Des Weiteren legt er für jedes Ziel einen Gewichtungsfaktor fest, der die Bedeutung des Ziels ausdrücken soll. Der Gesamtnutzen einer Alternative errechnet sich dann als gewichtete Summe der Nutzenwerte für die einzelnen Ziele.
- *Multiattributive Nutzentheorie (NT)*: Aus theoretischer Sicht weist die Nutzwertanalyse erhebliche Defizite auf, die dazu führen können, dass die Präferenzen des Entscheidungsträgers nicht richtig abgebildet werden und somit die Wahl einer nicht optimalen Alternative erfolgen kann. Diese Defizite werden durch die Multiattributive Nutzentheorie behoben, die zu diesem Zweck geeignete und gegenüber der Nutzwertanalyse fortentwickelte Befragungstechniken zur Verfügung stellt.
- *Analytic Hierarchy Process (HP)*: Der Analytic Hierarchy Process stellt eine weitere Methode zur Bewertung von Alternativen dar. Seine Grundidee beruht darauf, die Höhen- und Artenpräferenzen durch paarweise Vergleiche von Alternativen und Zielen zu ermitteln. Durch diesen einheitlichen Ansatz, der wie bei der Nutzwertanalyse zu theoretischen Defiziten führt, ist seine Anwendung sehr intuitiv, was zu einer weiten Verbreitung insbesondere im angloamerikanischen Raum geführt hat.
- *Sensitivitätsanalyse (SA)*: Alle zuvor aufgeführten Bewertungstechniken verlangen vom Entscheidungsträger, dass er eindeutige Bewertungen vornimmt, auch wenn er sich bezüglich seiner Präferenzen nicht in dem geforderten Maß sicher ist. So muss er etwa bei der Nutzwertanalyse jedem Ziel einen eindeutigen Gewichtungsfaktor zuordnen. Daher bieten viele Softwarepakete die Möglichkeit, Sensitivitätsanalysen durchzuführen, welche die resultierenden Veränderungen in der Gesamtbewertung in Abhängigkeit von Veränderungen in den Teilbewertungen (z. B. von Nutzenwerten oder Gewichtungsfaktoren) systematisch auswerten und geeignet visualisieren.
- *Portfolioentscheidungen (PE)*: In bestimmten Entscheidungssituationen ist nicht eine einzige Alternative, sondern ein Portfolio von Alternativen so auszuwählen, dass ein möglichst hoher Gesamtnutzen entsteht. Dabei sind zumeist bestimmte Restriktionen (z. B. ein beschränktes Budget) zu beachten.

- *Gruppenentscheidungen (GE)*: Entscheidungen werden zunehmend nicht von einzelnen Entscheidungsträgern, sondern von Gruppen getroffen. Bestimmte Softwarepakete enthalten daher entsprechende Komponenten, die in ihrem Umfang jedoch stark variieren. Im einfachsten Fall ist lediglich die Bewertung von Teilaspekten durch verschiedene Entscheidungsträger (z. B. die Vergabe von Punkten für einzelne Ziele im Rahmen der NW) vorgesehen, in anderen Fällen sind einfache Abstimmungsregeln implementiert.
- *Webzugang (WZ)*: Der Webzugang über einen Internet-Browser stellt eine relativ neue Software-Komponente dar. Insbesondere in Unternehmen, deren Mitarbeiter an mehreren Standorten über die ganze Welt verteilt sind, bietet sich den Benutzern dadurch die Möglichkeit, immer auf die aktuellsten Versionen der Modelle zuzugreifen.

Tab. 1 gibt eine Übersicht zu den am weitesten verbreiteten EUS für Entscheidungen bei Sicherheit und den in ihnen realisierten Komponenten.

**Tabelle 1: Entscheidungen bei Sicherheit**

Produkt	Hersteller	URL	ZG	NW	NT	HP	SA	PE	GE	WZ
1000Minds	1000Minds	www.1000minds.com						✓	✓	✓
CelsiEval	Celsi	www.celsi.ch		✓			✓		✓	
Criterium DecisionPlus <sup>8</sup>	InfoHarvest	www.infoharvest.com	✓		✓	✓	✓			
Equity <sup>9</sup>	Catalyze	www.catalyze.co.uk	✓	✓				✓	✓	
Ergo	Technology Evaluation Centers	www.technologyevaluation.com/	✓	✓			✓		✓	✓
Expert Choice	ExpertChoice	www.expertchoice.com	✓			✓	✓		✓	✓
HiPriority	Quartzstar	www.quartzstar.com					✓	✓	✓	
Hiview	Catalyze	www.catalyze.co.uk	✓	✓			✓		✓	
Logical Decisions	Logical Decisions	www.logicaldecisions.com	✓		✓	✓	✓	✓	✓	
OnBalance	Quartzstar	www.quartzstar.com			✓		✓		✓	

### 3. Entscheidungen bei Unsicherheit

Die meisten EUS für Entscheidungen bei Unsicherheit unterstellen, dass lediglich quantitative Ergebnisse (z. B. monetäre Größen) zur Beurteilung von Alternativen herangezogen werden. Des Weiteren sind diese Ergebnisse von (teilweise) unsicheren Parametern des Entscheidungsproblems abhängig, aus denen sie mit Hilfe von deterministischen Wirkungszusammenhängen abgeleitet werden können. Die Spezifikation dieser Wirkungszusammenhänge, die sich aufgrund der ausschließlich quantitativen Größen als mathematische Formeln ausdrücken lassen, erfolgt ebenfalls im EUS. Ein weit verbreitetes und damit Entscheidungsträgern vertrautes Endbenutzerwerkzeug zur Erfassung von Daten und Formeln sind Tabellenkalkulati-

<sup>8</sup> Eine Rezension des Produktes Criterium DecisionPlus findet sich in Haerer (2000).

<sup>9</sup> Für eine Untersuchung der Software Equity sei auf Mitchell (2004) verwiesen.

onsprogramme, so dass viele EUS als Zusatzprogramme (so genannte Add-ins<sup>10</sup>) für entsprechende Systeme realisiert werden (Eintrag „A“ in der Spalte Typ von Tab. 2). Der Eintrag „S“ gibt an, dass es sich um eine Stand-alone Softwarelösung handelt, die ohne zusätzliche Programme lauffähig ist.

EUS für Entscheidungen bei Unsicherheit bieten Komponenten zur Anwendung der folgenden Planungstechniken (vgl. Klein und Scholl 2011, Kap. 2.2, 3.2.5, 4.2.2, 6 und 8):

- *Verteilungsanpassung (VA)*: Sollen unsichere Parameter von Entscheidungsproblemen abgebildet werden, so ist es grundsätzlich erforderlich, ihre Verteilung festzulegen. Dabei lassen sich entweder empirische oder theoretische Verteilungen verwenden. Da empirische Verteilungen schlechter handhabbar sind, ist es häufig sinnvoll, diese durch theoretische Verteilungen zu approximieren. Entsprechende Komponenten unterstützen diesen Prozess durch statistische Auswertungen bezüglich der Approximationsgüte bzw. durch automatische Approximation.
- *Einflussdiagramme (ED)*: Je nach Entscheidungsproblem können die zu berücksichtigenden Wirkungszusammenhänge komplex sein. Einflussdiagramme stellen eine Diagrammsprache zur Darstellung von Wirkungszusammenhängen dar, welche dem Entscheidungsträger die graphische Entwicklung eines Entscheidungsmodells ermöglichen.
- *Sensitivitätsanalyse (SA)*: Eine einfache Möglichkeit, die Auswirkungen von unsicheren Parametern auf die Ergebnisse von Alternativen zu untersuchen, besteht in der Sensitivitätsanalyse. Dabei werden Parameter systematisch variiert, die aufgrund der Wirkungszusammenhänge ermittelten Veränderungen der Ergebnisse protokolliert und die protokollierten Ergebnisse anschließend in geeigneter Form (z. B. als Spider-Plot oder Tornado-Diagramm) aufbereitet.
- *Risikoanalyse (RA)*: Die Durchführung und Interpretation von Sensitivitätsanalysen ist nur bis zu einer Anzahl von drei Parametern sinnvoll möglich. Bei einer größeren Anzahl an Parametern bietet es sich an, eine Wahrscheinlichkeitsverteilung der für die Entscheidungsfindung relevanten Ergebnisse in Abhängigkeit von den zufallsbeeinflussten Parameterwerten abzuschätzen. Dies geschieht im Rahmen einer simulativen Risikoanalyse durch zufälliges Ziehen von Stichproben für die Parameterausprägungen und Ergebnisauswertung der so entstehenden Szenarien.
- *Entscheidungsbäume (EB)*: In bestimmten Entscheidungssituationen ist es möglich, auf Umweltveränderungen im Zeitablauf dynamisch zu reagieren, wobei die möglichen Maßnahmen in der Regel von den zuvor durchgeführten abhängig sind (z. B. da diese das verbleibende Budget beschränken). Solche Entscheidungssituationen, d.h. die möglichen Umweltlagen und die resultierenden flexiblen Alternativen, lassen sich in Form von Entscheidungsbäumen darstellen und auswerten. Entsprechende EUS bieten neben der Erstellung der Entscheidungsbäume und ihrer graphischen Visualisierung unterschiedliche Möglichkeiten der automatischen Auswertung.

---

<sup>10</sup> Eine Übersicht zu verfügbaren Add-ins für Tabellenkalkulationsprogramme findet sich z. B. in Grossmann (2010).



- *Webzugang (WZ)*: Ebenso wie für Entscheidungen bei mehreren Zielen im vorangehenden Kapitel, bieten auch einige Software-Anbieter für Entscheidungen bei Unsicherheit ihren Kunden die Möglichkeit, mit der Software über das Web zu interagieren. Dabei rufen die Benutzer das Programm nicht direkt auf, sondern greifen auf die Modelle über einen Internet-Browser zu.

In Tab. 2 findet sich eine Auflistung der am weitesten verbreiteten EUS für Entscheidungen bei Unsicherheit mit Angabe der durch sie realisierten Komponenten.

**Tabelle 2: Entscheidungen bei Unsicherheit**

Produkt	Hersteller	URL	Typ	VA	ED	SA	RA	EB	WZ
AgenaRisk	Agena	www.agenarisk.com	S	✓		✓	✓		✓
Analytica <sup>11</sup>	Lumina Decision Systems	www.lumina.com	S		✓	✓	✓		
Crystal Ball <sup>12</sup>	Oracle	www.oracle.com	A	✓		✓	✓	✓	
DecisionTools Suite	Palisade	www.palisade.com	A	✓	✓	✓	✓	✓	
DPL	Syncopation Software	www.syncopation.com	S		✓	✓	✓	✓	
iDecide	Decisive Tools	www.definitivesoftware.com	A/S		✓	✓	✓		
ModelRisk	Vose Software	ModelRisk	A	✓		✓	✓		
Reno	ReliaSoft	www.reliasoft.com	S		✓	✓	✓	✓	
TreeAge Pro	TreeAge Software	www.treeage.com	A	✓	✓	✓	✓	✓	
Vanguard System	Vanguard Software	www.vanguardsw.com	S	✓		✓	✓	✓	✓
XLSim	Vector Economics	www.vectoreconomics.com	A			✓	✓	✓	

## 4. Entscheidungen durch Optimierung

Die Formulierung von Entscheidungsproblemen als Optimierungsmodelle setzt voraus, dass sich zur Lösung geeignete, aber zunächst noch unbekannte Alternativen durch quantitative Entscheidungsvariablen (z. B. Produktionsmengen) beschreiben lassen. Zur Modellierung von Zielen und Restriktionen, welche die Güte und Zulässigkeit von Alternativen erfassen, ist es zudem erforderlich, die relevanten Wirkungszusammenhänge in Form mathematischer Zielfunktionen und Nebenbedingungen auszudrücken (vgl. Domschke und Drexl 2011, Kap. 2; Klein und Scholl 2011, Kap. 2.3, 4.3 und 9). Analog zu EUS für Entscheidungen bei Unsicherheit existieren dazu Add-ins für Tabellenkalkulationssoftware und Stand-alone Lösungen (Einträge „A“ bzw. „S“ in der Spalte Typ von Tab. 3). Die folgende Liste gibt einen Überblick zu den wesentlichen Komponenten von Optimierungssoftware:

- *Modellierungssprache (MS)*: Modellierungssprachen dienen ursprünglich der Formulierung von Optimierungsmodellen und erlauben die Darstellung von Restriktionen

<sup>11</sup> In Brown (2008) findet sich eine Rezension des Produktes Analytica.

<sup>12</sup> Die Software Crystal Ball wird in Holland (2005) eingehend analysiert.

und Zielen. In den vergangenen Jahren wurden sie etwa um Funktionalität zur Anbindung an Datenbanken oder zur Ablaufsteuerung (z. B. Lösen mehrerer Instanzen eines Entscheidungsproblems im Batch-Betrieb) erweitert. Im Rahmen von Add-ins für Tabellenkalkulationsprogramme sind Modellierungssprachen nicht notwendig, da sich quantitative Wirkungszusammenhänge zur Beschreibung von Restriktionen und Zielen unmittelbar mit der Basisfunktionalität einer Tabellenkalkulation abbilden lassen.

- *Entwicklungsumgebung (EU)*: Eine Entwicklungsumgebung erlaubt neben der Formulierung von Optimierungsmodellen den Aufruf von Lösungsverfahren und den Test von Modellen. Zu diesem Zweck stellt sie in der Regel neben einem Compiler, der das allgemeine Modell mit Daten zu einer Modellinstanz verknüpft und in eine für Lösungsverfahren geeignete Darstellungsform bringt, einen Debugger zur Verfügung. Des Weiteren enthält sie häufig einen Report-Generator, der die Aufbereitung der Lösungen (z. B. in Form von Gantt-Charts bei Problemen der Terminplanung) erlaubt.
- *Laufzeit-Bibliotheken (LB)*: Sollen Optimierungsmodelle im Rahmen von spezialisierten EUS gelöst werden, so kann es hilfreich sein, dazu ebenfalls Komponenten (insbesondere Lösungsverfahren) von Optimierungssoftware zu nutzen. Um dies zu ermöglichen, enthalten viele Softwarepakete geeignete Dynamic Link oder Class Libraries, die in fremde Softwaresysteme eingebunden und genutzt werden können.
- *Lineare Optimierung (LO)*: Lineare Optimierungsmodelle zeichnen sich durch lineare Zielfunktionen und Nebenbedingungen sowie kontinuierliche Variablen aus. Komponenten zur Lösung solcher Modelle stellen in der Regel Varianten des Simplex-Algorithmus sowie Interior Point- Methoden zur Verfügung.
- *Ganzzahlige Optimierung (GO)*: Besteht in einem linearen Optimierungsmodell zusätzlich die Forderung nach Ganzzahligkeit einer oder mehrerer Variablen, so ist das resultierende (gemischt) ganzzahlige Modell nicht mit Verfahren der Linearen Optimierung lösbar, wenn es keine besonderen Eigenschaften besitzt. Komponenten zur Lösung ganzzahliger Optimierungsmodelle beruhen in der Regel auf Branch & Bound-Verfahren, nur zwei Produkte (Evolver, OptQuest) basieren auf Meta-Heuristiken.
- *Nichtlineare Optimierung (NO)*: Ein nichtlineares Optimierungsmodell liegt vor, wenn mindestens eine Nebenbedingung oder die Zielfunktion nichtlinear ist. Die Komponenten der genannten Softwarepakete sind häufig auf bestimmte Typen solcher Optimierungsmodelle (z. B. mit quadratischen Ausdrücken) beschränkt.<sup>13</sup>
- *Constraint Programming (CP)*: Die Technik des Constraint Programming stammt ursprünglich aus der Informatik, speziell der künstlichen Intelligenz. Sie ist besonders zur Lösung kombinatorischer Optimierungsprobleme geeignet.

Tab. 3 listet die gängigste Optimierungssoftware und ihre Komponenten auf.<sup>14</sup> Häufig lassen sich unterschiedliche Produkte miteinander kombinieren. So bieten einige Produkte lediglich eine Modellierungssprache und eine Entwicklungsumgebung und greifen zur Lösung von Optimierungsmodellen auf Komponenten anderer Pakete zurück (so ist z. B. die Kombination

<sup>13</sup> Für einen entsprechenden Überblick speziell mit Softwarepaketen zur nichtlinearen Optimierung sei auf Nash (1998) verwiesen.

<sup>14</sup> Eine Übersicht zu Optimierungssoftware findet sich auch in Domschke et al. (2011, Kap. 11) und Fourer (2009).

der Produkte AMPL mit CPLEX gebräuchlich). In Zukunft ist zu erwarten, dass auch Entscheidungen durch Optimierung zunehmend durch Internettechnologien verbessert und erleichtert werden. Zum einen werden immer mehr Hersteller von Optimierungssoftware ihren Kunden einen Webzugang für ihre Software bereitstellen. Zum anderen werden sich auch innovative Konzepte verstärkt durchsetzen, wie z.B. das sogenannte Cloud Computing, im Rahmen dessen Software und Rechnerkapazität angemietet werden können. Bereits heute bietet Gurobi die Verwendung seines Optimizers über die Gurobi Cloud an.

**Tabelle 3: Entscheidungen durch Optimierung**

Produkt	Hersteller	URL	Typ	MS	EU	LB	LO	GO	NO	CP
AIMMS	Paragon	www.aimms.com	S	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
AMPL	AMPL Optimization	www.ampl.com	S	✓			✓	✓	✓	
ClipMOPS	MOPS Optimierungssysteme	www.mops-optimizer.com	A				✓	✓		
CPLEX	IBM Ilog	www.ilog.com	S		✓		✓	✓	✓	
CPLEX Optimization Studio	IBM Ilog	www.ilog.com	S	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Evolver <sup>15</sup>	Palisade	www.palisade.com	A			✓	✓	✓	✓	
FICO Xpress	FICO	www.fico.com	S	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
GAMS	GAMS Development Corporation	www.gams.com	S	✓	✓		✓	✓	✓	
Gurobi	Gurobi Optimization	www.gurobi.com	S			✓	✓	✓		
KNITRO Solver	Ziena Optimization	www.ziena.com	A				✓	✓	✓	
Lingo	Lindo Systems	www.lindo.com	S	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
MOPS Studio	MOPS Optimierungssysteme	www.mops-optimizer.com	S			✓	✓	✓		
MPL Modeling System	Maximal Software	www.maximal-usa.com	S	✓	✓		✓	✓	✓	
OptQuest	OptTek	www.opttek.com	S			✓		✓	✓	
Premium Solver	Frontline Systems	www.solver.com	A			✓	✓	✓	✓	
Solver Foundation	Microsoft	www.solverfoundation.com	A				✓	✓	✓	
Vanguard System	Vanguard Software	www.vanguardsw.com	S	✓			✓	✓		
What's Best!	Lindo Systems	www.lindo.com	A				✓	✓	✓	

<sup>15</sup> Für eine Rezension des Produktes Evolver vgl. Bergey und Ragsdale (1999).

## Literatur

- Ahlemann, F. (2008): Project Management Software Systems – Requirements, Selection Processes and Products. 5. Auflage, BARC, Würzburg, 2008.
- Aksoy, Y. und A. Derbez (2003): Software Survey: Supply Chain Management. OR/MS Today 30/3, S. 34-41.
- Alpar, P.; H.L. Grob, P. Weimann und R. Winter (2008): Anwendungsorientierte Wirtschaftsinformatik – Strategische Planung, Entwicklung und Nutzung von Informations- und Kommunikationssystemen. 5. Aufl., Vieweg, Würzburg.
- Bergey, P.K. und C.T. Ragsdale (1999): Software Review: Evolver 4.0. OR/MS Today 26/4, S. 44-47.
- Brown, R.D. (2008): Software Review: Analytica 4.1. OR/MS Today 35/3, S. 64-69.
- Buckshaw, D. (2010): Software Survey: Decision Analysis. OR/MS Today 37/5, S. 44-53.
- Davenport, T.H. und J.G. Harris (2007): Competing on Analytics - The New Science of Winning. Harvard Business School Press, Boston.
- Domschke, W. und A. Drexl (2011): Einführung in Operations Research. 8. Aufl., Springer, Berlin.
- Domschke, W.; A. Drexl, R. Klein, A. Scholl und S. Voß (2011): Übungen und Fallbeispiele zum Operations Research. 7. Aufl., Springer, Berlin.
- Fourer, R. (2009): Software Survey: Linear Programming. OR/MS Today 36/3, S. 46-55.
- Gluchowski, P.; R. Gabriel und P. Chamoni (2008): Management Support Systeme – Computergestützte Informationssysteme für Führungskräfte und Entscheidungsträger. 2. Aufl., Springer, Berlin.
- Grossmann, T. (2010): Add-Ins & Analytics: Spreadsheet O.R. Comes of Age. OR/MS Today 37/4, S. 46-49.
- Haerer, W. (2000): Software Review: Criterium Decision Plus 3.0. OR/MS Today 27/1, S. 40-44.
- Holland, W. (2005): Software Review: Crystal Ball v7.0.1 Professional. OR/MS Today 32/2, S. 54-57.
- Klein, R. und A. Scholl (2011): Planung und Entscheidung – Konzepte, Modelle und Methoden einer modernen betriebswirtschaftlichen Entscheidungsanalyse. 2. Aufl., Vahlen, München.
- Kolisch, R. und K. Hempel (1996): Auswahl von Standardsoftware, dargestellt am Beispiel von Programmen für das Projektmanagement. Wirtschaftsinformatik 38, S. 399-410.
- Mellentien, C. und N. Trautmann (2001): Resource Allocation with Project Management Software. Operations Research Spectrum 23, S. 383-394.
- Mellentien, C.; N. Trautmann und D. Wiegand (2002): Methoden gegen das Chaos: Projektmanagement-Software im Vergleich. c't – Magazin für Computer Technik, Heft 7/2002, S. 194-201.
- Mertens, P. und M.C. Meier (2009): Integrierte Informationsverarbeitung 2 – Planungs- und Kontrollsysteme in der Industrie. 10. Aufl., Gabler, Wiesbaden.

- Meyr, H.; J. Rohde, L. Schneeweiß und M. Wagner (2005): Architecture of Selected APS. In: Stadtler, H. und C. Kilger (Hrsg.): Supply Chain Management and Advanced Planning – Concepts, Models, Software and Case Studies. 3. Aufl., Springer, Berlin.
- Mitchell, I. (2004): Software Review: Equity 3. OR/MS Today 31/3, S. 56-59.
- Nash, S.G. (1998): Nonlinear Programming. OR/MS Today 25/3, S. 40-45.
- Sanders, N.R. und K.B. Menrodt (2003): Forecasting Software in Practice: Use, Satisfaction, and Performance. Interfaces 33(5), S. 90-93.
- Stahlknecht, P. und U. Hasenkamp (2009): Einführung in die Wirtschaftsinformatik. 12. Aufl., Springer, Berlin.
- Swain, J.J. (2009): Software Survey: Simulation Software Boldly Goes... OR/MS Today 36/5, S. 50-61.
- Yurkiewicz, J. (2010): Software Survey: Forecasting – What Can You Predict for Me? OR/MS Today 37/3, S. 36-43.

**Bemerkung:**

Die OR/MS Today-Artikel sind unter <http://www.lionhrtpub.com/orms/ormsmain.shtml> im Internet verfügbar.